

УДК 630*181.351

Маг. А.В. Брагин
Рук. В.А. Азарёнок
УГЛТУ, Екатеринбург

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ КАРПИНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

В настоящее время многие лесные биогеоценозы мира испытывают стрессовые воздействия от атмосферных выбросов промышленных предприятий. Изучение воздействия антропогенных загрязнений на леса России с применением методов системного анализа является не только важной теоретической проблемой, но и актуальной прикладной задачей.

Нами представлена имитационная модель воздействия выбросов предприятий цветной металлургии ОАО «БАЗ» (филиал «РУСАЛ») на лесные экосистемы на примере Карпинского лесничества.

Данная математическая модель влияния атмосферных выбросов металлургического комбината ОАО «БАЗ» на лесные экосистемы может применяться для прогнозирования зон деградации лесов вокруг предприятий, основными выбросами которых являются тяжелые металлы. С помощью математического метода может быть выявлена зависимость динамики продуктивности растительности от кислотности осадков, подтверждена закономерность уменьшения степени устойчивости деревьев к загрязнениям с возрастом. Возможно также выполнение задач природоохранной практики, в том числе таких, как расчет биологического ущерба, нанесенного лесной экосистеме, оценка риска воздействия на природную среду.

Характеристика Карпинского лесничества. Основу растительности составляют темнохвойные леса из ели, березы, пихты, сосны и лиственницы: 3Б 3С 2Е 1Л 1Пх. Площадь эксплуатационных древостоев в лесном фонде Свердловской области составляет 11862,648 тыс. га, в том числе спелых и перестойных – 3069,316 тыс. га. На Карпинское лесничество приходится одна из наибольших площадей этих насаждений – 7,1 % [1].

Характеристика влияния техногенного загрязнения на Карпинское лесничество. Наибольшим источником промышленного загрязнения воздуха на территории Карпинского лесничества является Богословский алюминиевый завод, расположенный в городе Краснотурьинск. Нами изучены источники выбросов, размеры видимой зоны дигрессии, зональность района и типы растительных ассоциаций, имеющие наибольшую представительство для района исследований (табл. 1). Основную массу загрязняющих выбросов предприятия цветной металлургии ОАО «БАЗ» составляют сернистый ангидрид и металлосодержащие пыли.

Таблица 1

Характеристика объекта исследования

Источник выбросов	Основные выбросы	Зона дигрессии, км ²	Зональность	Основные представители растительности
ОАО «БАЗ» Свердловская область, г. Краснотурьинск	SO ₂ , пыль, Al ₂ O ₃	1200	Подзона северной тайги (Северный Урал)	Ель Береза Пихта Сосна Лиственница

Анализ литературных данных модели воздействия сернистого газа на лесные экосистемы. Рассмотренная модель может быть использована для оценки и прогноза последствий воздействия конкретных токсикантов на лесные экосистемы в районах промышленного загрязнения (рисунок).

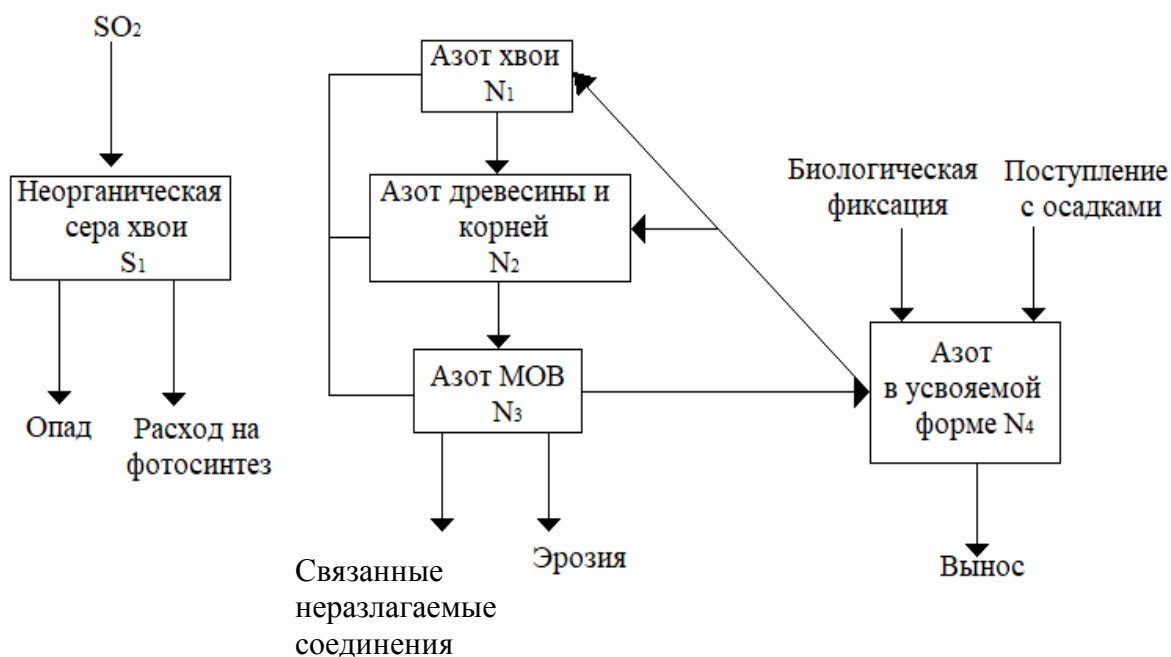


Схема круговорота азота и серы в лесной экосистеме, принятая в модели (MOB – мертвое органическое вещество)

На основании анализа рассматриваемой модели сделан ряд выводов [2]:

- 1) при очень длительном воздействии продуктивность уменьшается до такой степени, что растения гибнут;
- 2) сравнение результатов воздействия одних и тех же концентраций SO₂ на 22-летние и 46-летние древостои показало, что при равной продол-

жительности воздействия большой ущерб наносится 46-летним древостоям;

3) при достаточно сильных концентрациях сернистого газа продуктивность резко снижается, затем некоторое время меняется слабо, затем снова снижается.

Математическая модель воздействия техногенных выбросов предприятия ОАО «БАЗ» на лесные экосистемы Карпинского лесничества. Для описания действия загрязнения Карпинского лесничества использовалась модель переноса. В качестве индикатора загрязнения была выбрана загрязненность снежного покрова тяжелыми металлами [3]. Годичная продукция дерева нелинейно зависит от его массы и величины загрязнения. Загрязнение тормозит рост дерева, действуя на годичный прирост, вплоть до полной остановки роста, приводящей к гибели дерева.

Предложена идентификация модели, в которой масса дерева изменяется в соответствии с уравнением:

$$\frac{dX}{dt} = (\alpha \cdot X^a - bX) \cdot (1 - \beta p^\gamma).$$

Здесь X – надземная масса одного дерева (воздушно-сухая масса) возраста τ ($\tau = 20, 21, \dots, 100$ лет);

p – величина загрязнения,

a, α, β, γ – коэффициенты, которые необходимо подобрать так, чтобы реальная действительность описывалась с наибольшей точностью;

β – коэффициент, характеризующий силу действия загрязнения.

Модель роста растительности в Карпинском лесничестве в отсутствие загрязнений. Для идентификации модели в отсутствие загрязнений использовались данные Н.И. Казимирова и Р.М. Морозовой [4]. Для начала сравнивались массы дерева в максимальном возрасте на большом расстоянии от источника загрязнения, где действие загрязнений практически отсутствует (табл. 2, 3).

Таблица 2

Значения параметра a при условии, что параметр $\alpha = 0,5$ фиксирован

Порода дерева	a	α	Точность, %
Ель	0,132	0,5	55
Сосна	0,165	0,5	49
Береза	0,323	0,5	22

Таблица 3

Значения параметра a при условии, что параметры a и α варьируются

Порода дерева	a	α	Точность, %
Ель	1,250	0,113	33
Сосна	1,125	0,167	24
Береза	0,766	0,391	8

Модель роста растительности в Карпинском лесничестве в режиме действия загрязнений. После определения параметров модели в отсутствие загрязнений проводилась идентификация модели при наличии загрязнений (табл. 4, 5). Для того чтобы «включить» действие загрязнений, необходимо было сделать параметр β отличным от нуля. Действие загрязнения описывается коэффициентами β и γ .

Таблица 4

Значения параметра β при условии, что параметр $\gamma = 2$ (фиксирован)

Порода дерева	β	γ	Точность, %
Ель	0,0000000879	2	42
Сосна	0,0000002116	2	34
Береза	0,000000001	2	81

Таблица 5

Идентификация модели, когда параметры β и γ варьируются

Порода дерева	β	γ	Точность, %
Ель	0,00000112	1,366	42
Сосна	0,000000879	2,122	34
Береза	0,0000005	0,901	81

Рассмотренная модель показывает, что при одинаковых природных условиях сосна в наибольшей степени подвержена действию загрязнения, в меньшей степени ему подвержена ель, береза самая выносливая из трех пород. При одинаковых значениях коэффициента γ степень зависимости прироста сосны от загрязнения $\beta = 0,0000002116$, в 2,4 больше, чем ели: $\beta = 0,0000000879$. Ель обладает более высокой способностью к новообразованию ветвей из спящих почек, чем сосна, и поэтому более устойчива.

Для обеспечения непрерывного лесопользования в условиях Карпинского лесничества, где произрастают смешанные лесонасаждения, целесообразно использовать дифференцированные рубки. Особенность их состоит в том, что они ведутся дифференцированно от возрастного строения

древостоев, обеспечивая при этом повышение природных функций леса и комплексное использование товарной древесины. Дифференцированные рубки в своей основе направлены на формирование ветроустойчивых насаждений, особенно при разработке елово-пихтовых древостоев; используются с этой целью имеющиеся природные функции леса и технологические приемы при разработке лесосек [5].

Для совершенствования лесопользования и обеспечения доступа потребителя к сертифицированным лесным продуктам необходимо предусмотреть систему лесной сертификации [6]. Основными целями сертификации являются:

- ведение лесопользования и лесного хозяйства на принципах постоянства и неистощительности;
- сохранение и улучшение состояния природной окружающей среды;
- повышение социально-экономического благополучия работников предприятия и местного населения;
- предотвращение незаконных рубок.

Результатом проведенных работ является сертификат, подтверждающий соблюдение международных требований устойчивого управления лесами и ответственного лесопользования.

Библиографический список

1. Характеристика состояния лесов и их использования [электронный ресурс] / Лесной план Свердловской области. URL: <http://forest.midural.ru/article/show/id/97> (дата обращения 28.10.17).
2. Степанов А.В. Комплексная экологическая оценка техногенного воздействия на экосистемы южной тайги / А.В. Степанов, Р.Р. Кабиров, Т.В. Черненко. М.: ВНИИЛесресурс, 1992. 246 с.
3. Тарко А. М. Моделирование действия атмосферных загрязнений на лесные экосистемы в регионе / А. М. Тарко, А.В. Быкадаров, В.В. Крючков. Доклады Академии наук. М.: РАН, т. 341, № 4. 1995. С. 571–573.
4. Казимиров Н.И., Морозова Р.М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 176 с.
5. Азаренок В.А. Экологизированные рубки леса / В.А. Азаренок, С.В. Залесов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2015. – 97 с.
6. Птичников А.В. Добровольная лесная сертификация: учеб. пос. для вузов / А. В. Птичников, Е. В. Бубко, А. Т. Загидуллина и др.; под общ. ред. А. В. Птичникова, С. В. Третьякова, Н. М. Шматкова. Всемирный фонд дикой природы (WWF России). М., 2011. 175 с.